

Sustav upravljanja generatorom otporan na kvarove za vjetroagregate s promjenljivom brzinom vrtnje i zakretanjem lopatica

Generator-fault-tolerant control for a variable-speed variable-pitch wind turbine

United States Patent; 8,928,165, January 6, 2015

Mario Vašak, Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva (mario.vasak@fer.hr); Vinko Lešić, Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva (vinko.lesic@fer.hr); Thomas Wolbank, Technische Universität Wien (thomas.wolbank@tuwien.ac.at); Nedjeljko Perić, Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva (nedjeljko.peric@fer.hr), redoviti član HATZ-a

Sažetak: Sustav upravljanja otporan na kvarove odnosi se na slog sinkronog generatora i mrežnog izmjenjivača u vjetroagregatu s promjenljivom brzinom vrtnje i zakretanjem lopatica vjetroturbine oko uzdužne osi. Kada se otkrije kvarovi generatora, zakretni moment generatora i / ili magnetski tok ograničavaju se kako bi se spriječilo širenje kvara i omogućio siguran rad u kvarnom stanju uz maksimalno iskorištenje generatora s kvarom.

1. Uvod

Patent uključuje metodologiju i na njoj zasnovani sustav za upravljanje vjetroagregatom s promjenljivom brzinom vrtnje i sa zakretanjem lopatica oko uzdužne osi kojim se postiže da je generator vjetroagregata otporan na elektromehaničke kvarove. Primjenom modulacije momenta generatora omogućuje se siguran rad uz oštećeni kavez rotora asinkronog generatora, a primjenom modulacije magnetskog toka generatora omogućava se siguran rad u uvjetima kratkih spojeva unutar iste faze statora za sve tipove generatora vjetroagregata. U kvarnom stanju, vjetroagregat i dalje proizvodi energiju u kontroliranim uvjetima uz omogućen siguran rad i sprječavanje daljnjeg širenja kvara.

2. Opis patenta

Proizvodnja električne energije iz energije vjetra pomoću vjetroagregata složen je proces koji zahtijeva nadgledanje kako okolišnih uvjeta tako i uvjeta rada opreme vjetroagregata pri tome koristeći upravljačke algoritme za rad u stvarnom vremenu za optimiranje rada vjetroagregata.

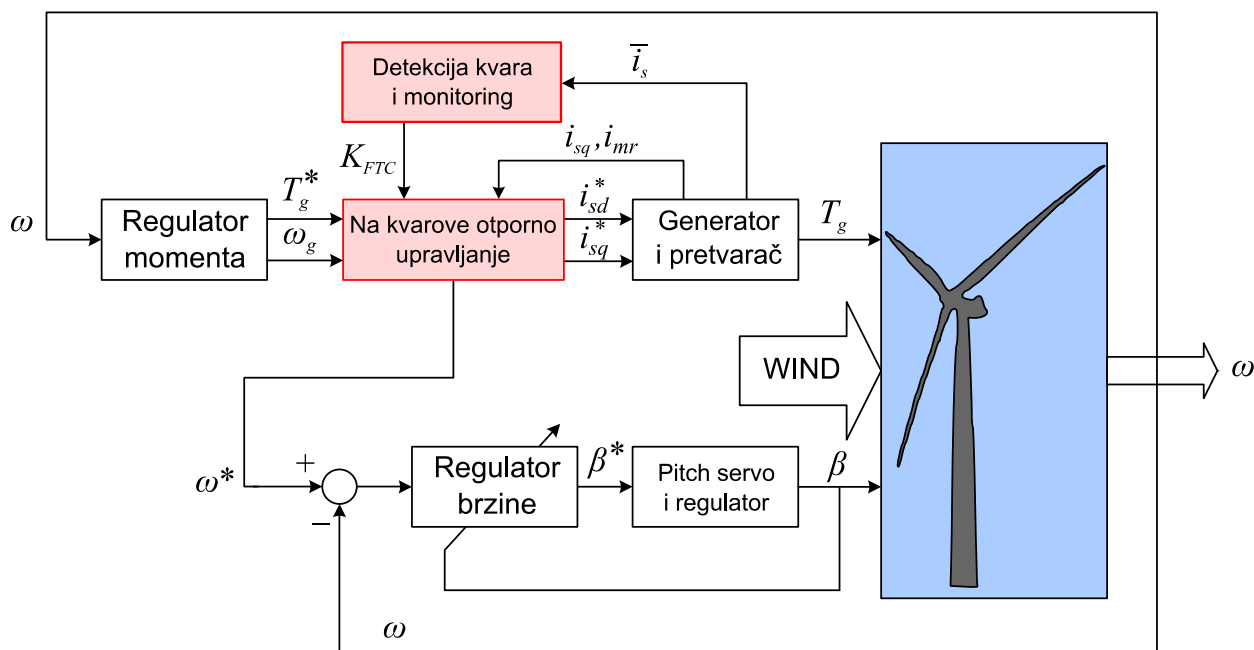
Kvarovi vjetroagregata mogu biti uzrokovani vanjskim čimbenicima, kao što su munje, požar, potresi, ali najčešće su prouzročeni radom u iznimno nepovoljnim uvjetima uz prisutnost vlage, soli, vibracija prouzrokovanim vjetrom te značajnim termičkim naprezanjem. Najčešći unutarnji kvarovi su na zupčaničkom prijenosnom slogu (ako postoji), elektroničkom sustavu upravljanja, mehanizmu za zakretanje gondole i generatoru. Postoje mnogi načini da se kroz konstrukcijske zahvate poveća pouzdanost rada komponenata vjetroagregata koja u pravilu povećavaju njihovu cijenu. Drugi je pristup da se primjene tehnike otporne na kvarove zasnovane na računalnim algoritmima upravljanja čime se poveća raspoloživost vjetroagregata. Tehnikom otpornom na kvarove omogućava se nastavak rada vjetroagregata nakon nastalog kvara, a otklanjanje kvara prolongira se za neko kasnije prikladno vrijeme. Time se povećava srednje vrijeme između dva uzastopna ispada pa posljedično i raspoloživost vjetroagregata odnosno vjetroelektrane. Značajan udio kvarova u vjetroagregatu odnosi se na elektromehaničke kvarove generatora (kvarovi u ležajima, kvarovi u statoru i rotoru – kratki spoj ili prekid vodiča, prekid rotorskih štapova, ekscentricitet rotora).

Postoji klasa kvarova generatora koji se javljaju postupno i mogu se otkriti prije nego što se razviju do te mjere da uzrokuju zaustavljanje ili katastrofalna oštećenja generatora. Njihovo se rano otkrivanje može postići korištenjem različitih senzora prikladno ugrađenih u generator te analizom signala dobivenih od senzora pomoću odgovarajućih inteligentnih algoritama. Ovaj izum odnosi se na upravljanje otporno na kvarove generatora s promjenljivom brzinom vrtnje i zakretanjem lopatica turbine oko uzdužne osi. Kvarovi generatora na koje se usredotočuje izum odnose se na namote statora (smanjeni otpor, ili razvijanje kratkog spoja između namota statora zbog starenja, temperature ili oštećenja) i oštećenja rotora (mehanička ili električna oštećenja), ali se može primijeniti i šire.

Navedeni kvarovi općenito su povezani s određenim fizičkim mjestom na statoru ili rotoru te se mogu povezati s položajem magnetskog toka koji je poznat u upravljačkom algoritmu.

U slučaju oštećenja kaveza rotora potrebno je smanjiti termalno i fizičko naprezanje oštećenog štapa rotora, a varijabla koja ga uzrokuje struja je koja teče kroz štap i njegov spoj s prstenom rotora. Upravljanjem se stoga smanjuje iznos struje u oštećenom štapu, a povećava u ostalima na način da srednja vrijednost momenta osigurava optimalan rad vjetroagregata. U slučaju degradacije izolacije statora ili kratkog spoja unutar namota iste faze, varijabla koja propagira kvar kružna je struja koja teče kroz oštećene zavoje namota statora. U slučaju kratkog spoja unutar iste faze statora promjenjivo magnetskog polje inducira napon u kratkospojenim vodičima te zbog male impedancije rezultira vrlo velikim lokalnim strujama i iznimnom termalnom naprezanju koje vrlo brzo širi kvar. Na kvarove otpornim upravljanjem postiže se ograničenje promjene magnetskog toka obuhvaćenog oštećenim statorskim namotima, odnosno njegove derivacije, a time i struje kroz kratkospojeni zavoj. U tom smjeru modulira se iznos magnetskog toka u ovisnosti o njegovom trenutačnom položaju te se zaustavlja propagiranje kvara, ali i postiže maksimalno moguće radno područje u kvarnom stanju. Na sličan način metodologija se proširuje i na slučaj oštećenja izolacije kada još nije došlo do kratkog spoja te je metodologija primjenjiva za bilo koji stadij razvoja kvara. Metodologija se također može primijeniti na sve tipove generatora korištenih u vjetroagregatima. Hipoteza od koje se kreće je da se restrikcijom elektromagnetskih varijabli, a time i temperature u oštećenom dijelu, uvelike usporava ili potpuno zaustavlja širenje kvara. Razvijene metode koncipirane su kao modularna nadogradnja na klasične načine upravljanja vjetroagregatom te se mogu primijeniti na nove ili već postavljene vjetroagregate.

Blokovska shema koja ilustrira izum prikazana je na sljedećoj slici.



Slika 1. Blokovska shema upravljačkog sustava vjetroagregata uz upravljanje otporno na kvarove generatora.

3. Zaključak

Na kvarove otporno upravljanje pokazuje se kao rastući znanstveno-istraživački trend sa značajnom ekonomskom motivacijom u području energije vjetra. Razvijena metodologija omogućava privremeni ili trajniji rad sustava u kvaru do sljedećeg planiranog popravka. Provedeno istraživanje ukazuje na velike mogućnosti sustava upravljanja generatorom vjetroagregata te naglašava da je spoj znanja iz elektrostrojarstva i teorije upravljanja plodno tlo za

daljnji doprinos i poboljšanje sustava. Već sama ideja o modulaciji električnih veličina ovisno o položaju magnetskog toka otvara široku primjenu u području električnih strojeva i puno dalje od vjetroagregata.